



جامعة المنارة
كلية الهندسة المدنية
السنة الاولى

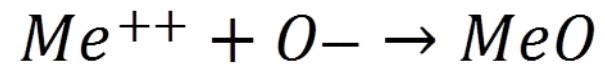
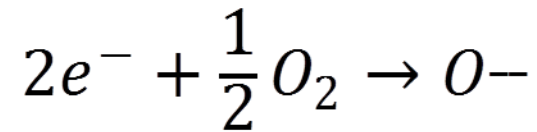
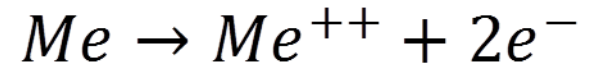
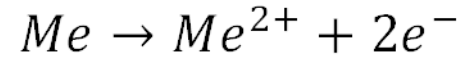
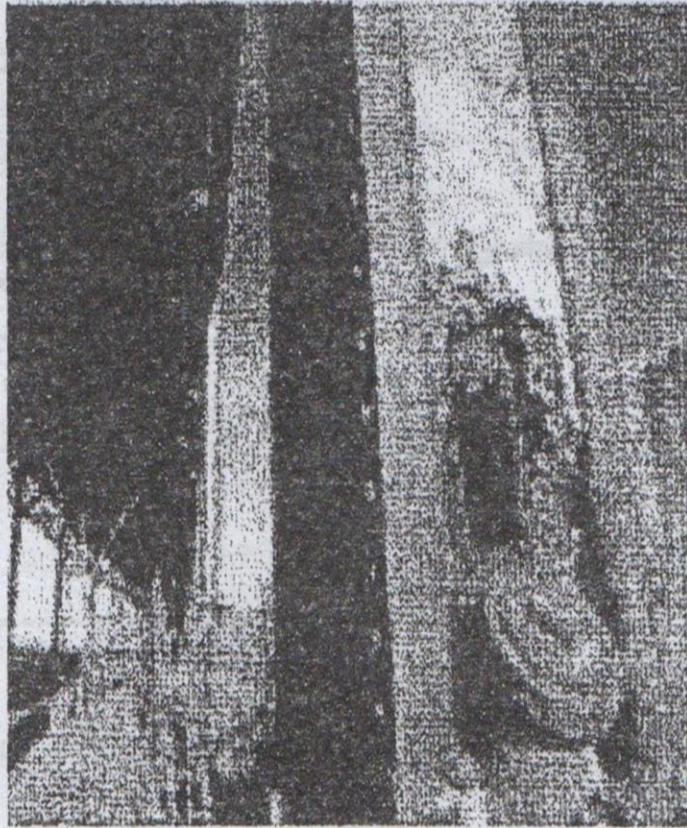
مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

التآكل

THE CORROSION

- ينشأ التآكل الكيميائي بفعل الغازات والأبخرة (بدرجة حرارة عالية)،
- ومثال ذلك أكسدة المعدن بأكسجين الهواء في درجة حرارة عالية (التآكل الغازي)، ويكتسي سطح المعدن في هذه الحالة بطبقة من أكسيد المعدن تختلف من حيث الثخانة والتركيب من معدن لآخر.
- وتحمى هذه الطبقة المعادن من التخریب الكلي بدرجات متفاوتة حسب نوع الطبقة (مثل Al_2O_3 , ZnO , MnO , NiO , Cr_2O_3)،
- بينما تساعد البعض الآخر على استمرار التآكل (مثل أكاسيد الحديد، أكاسيد المعادن القلوية والقلوية الترابية) كما في الشكل (1-11) وحسب التفاعلات الكيميائية التالية له.



الشكل (1-11): عملية التآكل المعادن في الظروف الغازية وتشكل $Fe_2O_3.H_2O$

- ❑ يعتبر التآكل المعدني الكهر كيميائي، الأكثر انتشارا في عمليات التآكل ،
- ❑ ويتشكل هذا النوع من التآكل تحت تأثير المحاليل الكهرلثية، وخاصة المحاليل المائية الكهرلثية، التي تولد التيار الكهرلثي،
- ❑ وتحول سطح المعدن إلى قطب سالب، مؤدية إلى انحلاله وبالتالي إلى تآكله،
- ❑ يجري التأثير المشترك بين سطح المعدن المتآكل والمحلول الكهرلثي المخرب عندما:

- يغمس المعدن مباشرة في المحلول الكهرلثي.

- تمر على سطح المعدن طبقة رقيقة من الماء. منحلة فيها غازات الهواء، موفرة بذلك الشروط اللازمة لعملية التآكل.

- ❑ يختلف التآكل الكهر كيميائي عن التآكل الكيميائي، بأن التآكل المعدني الكهر كيميائي، يشكل عدداً كبيراً من الخلايا الكهر كيميائية المحلية بين مختلف المركبات الكيميائية الداخلة في تركيب هذا المعدن أو في بنية الطبقة المعدنية غير المتجانسة بسبب احتوائها على شوائب.

اشرح آلية التفاعل الكهر كيميائي موضحا بالمعادلات

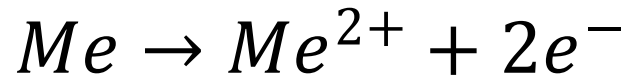
تجري آلية التفاعل الكهر كيميائي، المؤدية إلى عملية التآكل، وبالتالي إلى تخریب المعدن، حسب المرحلتين التاليتين:

مرحلة التفاعل المصعدي

تجري تلقائياً.

يتم في هذه المرحلة، انتقال شوارد المعدن (مثلاً Me^{2+}) من سطح المعدن إلى المحلول الكهرليتي، بعد أن يعطي إلكترونين.

ويبقى هذان الإلكترونان على سطح المعدن، وتمثل هذه المرحلة بالتفاعل



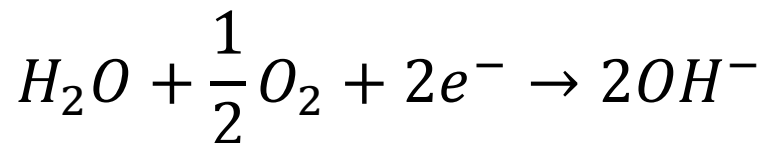
التالي:

اشرح آلية التفاعل الكهر كيميائي موضحا بالمعادلات

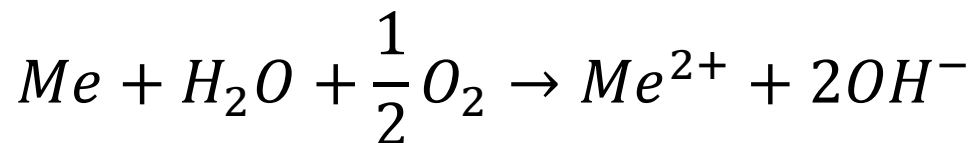
مرحلة التفاعل المهبطي

تجري تلقائياً.

يتم في هذه المرحلة التقاط للإلكترونين اللذين بقيا على سطح المعدن، من قبل الأوكسجين المنحل في الماء أو الموجود في الوسط المحيط، وتمثل بالتفاعل التالي:

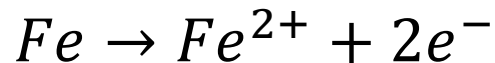


□ تنتج الخلية الكهر كيميائية المخرجة، من جميع المرحلتين السابقتين، والتي يعبر عنها بالتفاعل الكلي التالي:

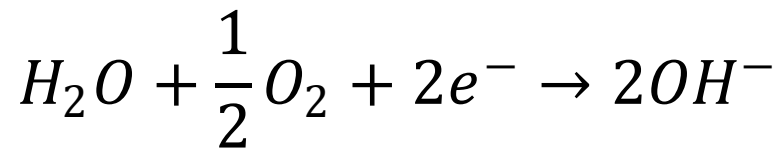


❖ توضح عملية التآكل الكهر كيميائي، بالمثل التالي، الذي يجري بين الحديد والنحاس الموجودين في محلول مائي. تجرى في عملية التآكل تلك، التفاعلات التالية:

□ يتم التفاعل على سطح الحديد، الذي يجري على النحو التالي، وهو تفاعل أكسدة:



□ يتم أيضاً وبنفس الوقت التفاعل التالي على سطح النحاس، وهو تفاعل إرجاع:



يلاحظ من هذين التفاعلين، أن عملية انحلال الحديد الممثلة في تفاعل أكسدة الحديد، تؤمن الإلكترونات اللازمة لحدوث تفاعل الإرجاع الذي يجري على سطح النحاس، إلى أن تذوب قطعة الحديد كلياً وتتآكل.

- لقد بينت الكثير من التجارب أن الحديد الموجود في شروط جافة بعيداً عن الرطوبة وفي شروط درجة حرارة عادية، لا يتآكل حتى وإن وجد في وسط مائي لا يحتوي على أوكسجين منحل فيه.
- تحتوي معادن بعض الأجهزة على شوائب معينة، داخلية في تركيبها، عندها تتشكل عملية مشابهة لتفاعل الأكسدة والإرجاع،
- وإذا كانت فعالية الشوائب أكبر من فعالية المعدن، فإنها تنحل معطية الإلكترونات، وتلعب دور القطب السالب، وعندها سيلعب المعدن دور القطب الموجب.
- بينما إذا كانت هذه الشوائب ذات فعالية أصغر من فعالية المعدن فإن المعدن سينحل وسيعطي الإلكترونات وسيلعب عندها دور القطب السالب، وتلعب الشوائب دور القطب الموجب.

عدد أنواع التآكل الكهر كيميائي تبعاً لمظهر السطوح

١. تآكل منتظم:

وهو التآكل الذي تظهر فيه حالة التخریب على السطح الكلي للمعدن وبنفس السماكة.

٢. تآكل موضعي:

وهو التآكل الذي تظهر فيه حالة التخریب على بعض أماكن سطح المعدن فقط.

٣. تآكل جوي:

وهو التآكل المنتشر بكثرة على سطح المعدن، والذي يساهم فيه أوكسجين الهواء عادة. تتم هذه العمليات في وسط رطب وفي أجواء متناوبة رطبة - جافة، حيث تتجمع المياه في الثقوب، وفي الأمكنة غير المعالجة، مشكلة خلية، تتغذى بالغازات أو بالأملاح المنحلة، لتصبح مخربة.

عدد أنواع التآكل الكهر كيميائي تبعاً لمظهر السطوح

٤. تآكل انتقائي بلوري:

وهو التآكل الناتج عن فروق الفعالية المعدنية في الشبكة البلورية للمعدن.

٥. تآكل تشققي بلوري:

وهو التآكل الناتج عن تكرار العمل الميكانيكي والمعالجات الحرارية على المعدن.

٦. تآكل جوفي :

وهو التآكل الناتج عن غمر السطح المعدني في التربة.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

- يتضح مما سبق، أن الوسط يؤثر بصورة مباشرة على عمليات التآكل الكهر كيميائي، مهياً سطح المعدن لاستقبال أو إعطاء الإلكترونات.
- فوجود الأملاح بتراكيز معينة في المحاليل الكهرليتيية، وكذلك موانع التآكل ومسرعاته ، وقيم pH المحلول المعبرة عن حموضته أو قلويته، إضافة إلى الهواء والرطوبة والتربة وغيرها لها تأثير واضح ومؤكّد على سرعة عمليات التآكل الكهر كيميائي:

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الكهربي

- الذي يشمل المحاليل الحاوية على مركبات كهربية متشردة، مثل المياه المالحة ومياه البحار بالمحيطات، والمحاليل المائية الحمضية والقلوية وما شابهها.
- يختلف نوع التآكل، حسب وجود المعدن في الوسط الكهربي المسبب لعملية التآكل، والناشئ عن الغمس الكلي أو الغمس الجزئي أو الغمس المتناوب للمعدن في الوسط.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الترابي

- الذي يشمل التربة التي تعتبر بأنها كهر ليت مسامي، والمتميزة بسهولة توصيل الأوكسجين إلى سطح المعدن المغمور في هذه التربة، وذلك بسرعات متفاوتة متعلقة بمسامية التربة.
- تبين أيضاً أن الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا، أو بالأحرى العمليات الميكروبيولوجية التي تحري داخل التربة، تؤثر على عمليات التآكل في الوسط الترابي،
- **وقد حصرت أسباب التآكل في الوسط الترابي كالتالي:**
 - طبيعة التربة المخربة، المتعلقة برطوبة التربة.
 - نوعية المحاليل الكهر ليتية، المسببة لرطوبة التربة.
 - تجمعات هوائية معينة ناتجة عن التفاعلات الحيوية الميكروبيولوجية.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الجوي

- الذي يحدد رطوبة معينة مخربة، يساهم الأوكسجين فيها في عمليات التآكل،
- تعود سرعة عمليات التآكل في الوسط الجوي، إلى طبيعة المعدن ومدة وطريقة تعرضه للأجواء الرطبة والجافة وتناوبها،
- وإلى سماكة الطبقة المائية الممتصة على سطح المعدن وفي ثقوبه وأماكنه في المعالجة.
- يعتبر أوكسجين الوسط الجوي عاملاً أساسياً في عمليات التآكل ،
- إذ يشكل طبقة سطحية تعمل كمسرى سالب، بينما يشكل المعدن طبقة تعمل كمسرى موجب، مؤدياً بذلك إلى انحلال المعدن.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الميكانيكي

- الذي ينتج عن الاحتكاك والجهود الميكانيكية للمنشآت المعدنية الموجودة في أوساط مختلفة كهربائية أم ترايبية أم جوية.
- تعتبر الجهود الميكانيكية، متزامنة مع عمليات التآكل، وعندها يكون العامل المؤدي إلى تخريب المعدن هو الطريقة التي طبقت بها الجهود الميكانيكية، يعد الأخذ بالاعتبار زمن التآكل.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الميكانيكي

تؤدي هذه العوامل إلى:

□ تآكل تام، ناتج عن التواترات الداخلية، بوجود وسط مخرب.

□ تشققات، ناتجة عن الجهود الميكانيكية السكونية والعامل المخرب، مسببة نشوء شقوق في بنية المعدن البلوري. تتم هذه العملية على مرحلتين هما مرحلة التحريض ومرحلة الانتشار.

عدد الأوساط التي تؤدي إلى تآكل المعدن

الوسط الميكانيكي

تعب التآكلي، ناتج عن التأثيرات المتزامنة للجهود الميكانيكية والوسط المخرب، مسببة تشققات واضحة في بنية المعدن البلورية. تآكل الاحتكاك، ناتج عن الاحتكاك الميكانيكي، الذي يظهر عند الحركة بين سطحين، بوجود وسط مخرب.

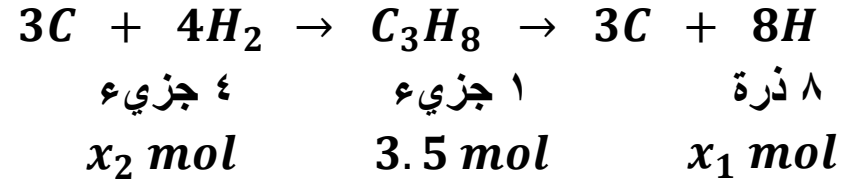
نخور تآكلي، ناتج عن فعل الطاقة الميكانيكية للوسط المخرب على سطح المعدن، مسبب نشوء نخور عميقة في الجهاز المعدني. يظهر هذا الشكل بصورة خاصة في الصناعات الذرية.

احسب عدد مولات ذرات الهيدروجين في 3.5 mol من مركب
البروبان C_3H_8
وعدد مولات ذرات الهيدروجين في الكمية نفسها.

المسألة الأولى

- ❖ احسب عدد مولات ذرات الهيدروجين في 3.5 mol من مركب البروبان C_3H_8
- ❖ وعدد مولات جزيئات الهيدروجين في الكمية نفسها.

الحل



عدد مولات ذرات الهيدروجين H :

$$x_1 = \frac{3.5 * 8}{1} = 28 \text{ mol}$$

عدد مولات جزيئات الهيدروجين H_2 :

$$x_2 = \frac{3.5 * 4}{1} = 14 \text{ mol}$$

المسألة الثانية

❖ احسب عدد ذرات الحديد Fe في 8.26 g منه.

الحل

□ نحسب عدد مولات الحديد في 8.26 g :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8.26}{56} = 0.1475\text{ mol}$$

الحل

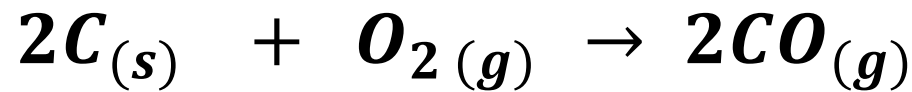
□ نحسب عدد ذرات الحديد في 0.1475 mol منه:

كل 1 mol	يحتوي	$6.023 * 10^{23}$ ذرة
كل 0.1475 mol	يحتوي	x ذرة

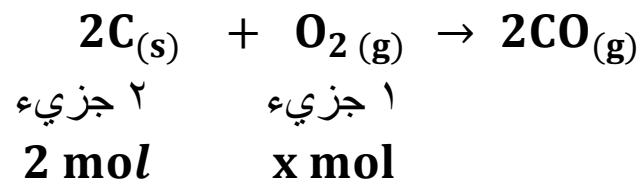
$$x = \frac{0.1475 * 6.023 * 10^{23}}{1} = 0.88795 * 10^{23} \text{ ذرة حديد } atom$$

المسألة الثالثة

- ❖ احسب عدد مولات جزيئات الأوكسجين التي تتحد مع 2 mol من ذرات الكربون لتنتج غاز أول أكسيد الكربون CO
- ❖ ثم احسب عدد جزيئات الأوكسجين وكتلتها وذلك وفقاً للمعادلة الموزونة الآتية:



الحل



□ **نحسب عدد مولات جزيئات الأوكسجين O_2 :**

$$x = \frac{2 * 1}{2} = 1 \text{ mol}$$

□ **عدد جزيئات الأوكسجين في 1 mol منه هو عدد أفوغادرو أي $6.023 * 10^{23}$ جزيء.**

□ **نحسب كتلة الجزيء من العلاقة:**

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n * M$$

$$m = 1 * [2 * (16)] = 32 \text{ g}$$

المسألة الرابعة

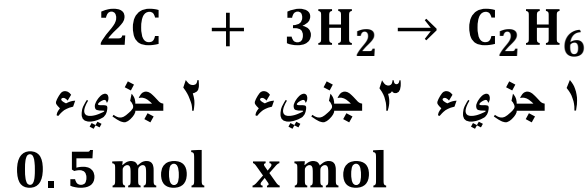
❖ استناداً إلى مصطلح المول، احسب كتلة الهيدروجين التي تتحد مع 6 g من الكربون لإنتاج مركب الايثان C_2H_6 .

الحل

□ نحسب عدد مولات الكربون:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ mol}$$

الحل



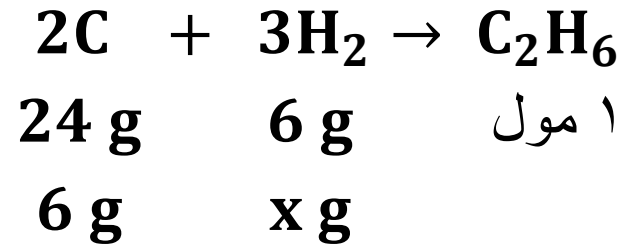
□ نحسب عدد مولات الهيدروجين:

$$x = \frac{0.5 * 3}{2} = 0.75 \text{ mol}$$

□ نحسب كتلة الهيدروجين المتفاعل:

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n * M = 0.75 * [2 * (1)] = 1.5 \text{ g}$$

حل المسألة الرابعة بطريقة ثانية



$$x = \frac{6 * 6}{24} = 1.5 \text{ g}$$

المسألة الخامسة

❖ احسب عدد ذرات الذهب في خاتم ذهب كتلته 4.5 g مع العلم أن الوزن الذري للذهب 197 g .

الحل

□ نحسب عدد مولات الذهب في 4.5 g :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4.5}{197} = 0.228 \text{ mol}$$

الحل

□ نحسب عدد ذرات الذهب في 0.228 mol منه:
كل 1 mol يحتوي $6.023 * 10^{23}$ ذرة
كل 0.228 mol يحتوي x ذرة

$$x = \frac{0.228 * 6.023 * 10^{23}}{1} = 0.375 * 10^{23} \text{ atom ذرة ذهب}$$

المسألة السادسة

يتفاعل هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ مع غاز الكلور Cl_2 لإنتاج مادة هيبوكلورايد الصوديوم $NaOCl$ التي تستخدم في صناعة النسيج، والورق، والسيليلوز وفق المعادلة الموزونة التالية:



❖ احسب عدد غرامات هيدروكسيد الصوديوم التي تتفاعل مع 25 g من غاز الكلور.

الحل

□ نحسب الأوزان الجزيئية للمواد المتفاعلة:

هيدروكسيد الصوديوم:

$$[2 * (23) + 16 + 1] = 80 \text{ g}$$

غاز الكلور:

$$[2 * (35.5)] = 71 \text{ g}$$



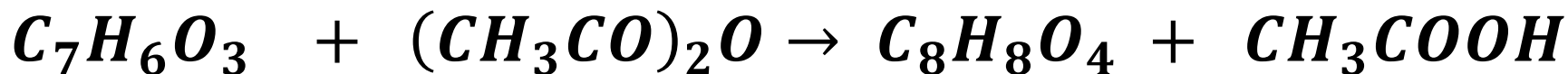
$$80 \text{ g} \quad 71 \text{ g}$$

$$x \text{ g} \quad 25 \text{ g}$$

$$x = \frac{80 * 25}{71} = 28.169 \text{ g}$$

المسألة السابعة

يتفاعل الأستيك انهيدريد (بلاماء حمض الخل) $(CH_3CO)_2O$ مع حمض الساليسيليك $C_7H_6O_3$ لإنتاج الاسبرين وحمض الخل وفق المعادلة الموزونة التالية :



- ❖ احسب عدد غرامات الأستيك انهيدريد التي تتفاعل مع 13.8 g من حمض الساليسيليك،
- ❖ وعدد غرامات الاسبرين وحمض الخل الناتجين.

الحل

نحسب الأوزان الجزيئية للمواد المتفاعلة والنتيجة:
حمض الساليسيليك:

$$7 * (12) + 6 * (1) + 3 * (16) = 138 \text{ g}$$

الأسيتك انهدريد:

$$2 * [12 + 3 * (1) + 12 + 16] + 16 = 102 \text{ g}$$

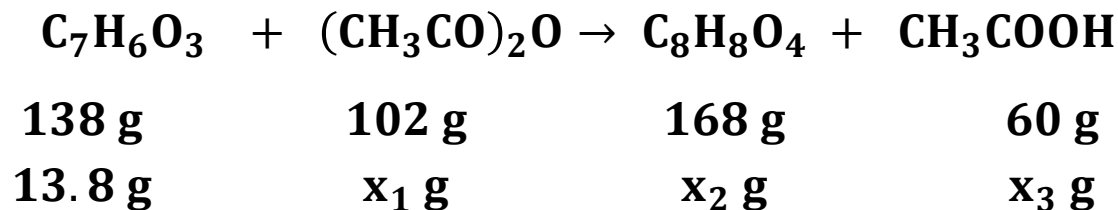
الاسبرين:

$$8 * (12) + 8 * (1) + 4 * (16) = 168 \text{ g}$$

حمض الخل:

$$12 + 3 * (1) + 12 + 16 + 16 + 1 = 60 \text{ g}$$

الحل



$$x_1 = \frac{13.8 \cdot 102}{138} = 10.2 \text{ g}$$

$$x_2 = \frac{13.8 \cdot 168}{138} = 16.8 \text{ g}$$

$$x_3 = \frac{13.8 \cdot 60}{138} = 6 \text{ g}$$

عدد غرامات الاستيك انهدريد:

عدد غرامات الأسبرين:

عدد غرامات حمض الخل:

المسألة الثامنة

❖ احسب عدد مولات الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في 4.62 g منه علماً أن الأوزان الذرية للعناصر هي $C = 12$ ، و $O = 16$ ، و $H = 1$.

الحل

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4.62}{6 * (12) + 12 * (1) + 6 * (16)} = \frac{4.62}{180} \\ = 0.02567\text{ mol}$$

شُكْرًا لِأَصْفَائِكُمْ

